PEMECAHAN MASALAH PENJADWALAN KULIAH DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA *MAX-MIN ANT SYSTEM*
Studi Kasus di Jurusan Teknik Informatika
Universitas Komputer Indonesia

Rusdiyanto

Pembimbing I : Khusnul Novianingsih, M.Si

Pembimbing II : Nana Juhana, S.T, M.T

ABSTRAK

Masalah penjadwalan kuliah atau *University Course Timetablling Problem* (UCTP) merupakan masalah yang sangat kompleks hingga saat ini. Inti dari penjadwalan kuliah adalah bagaimana menjadwalkan sejumlah komponen yang terdiri atas kelas, ruang, dan waktu dengan sejumlah batasan dan syarat (*constraint*) tertentu.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut digunakan algoritma *MAX-MIN Ant System* (MMAS) yang merupakan variasi dari Algoritma *Ant Colony Optimation* (ACO) sehingga diharapkan akan diperoleh hasil yang optimal berdasarkan sifat algoritma tersebut.

1. Pendahuluan

Masalah penjadwalan kuliah merupakan masalah yang sangat kompleks hingga saat ini masih merupakan sebuah topik yang banyak dibahas dalam berbagai tesis, desertasi, dan karya ilmiah di seluruh penjuru dunia. Inti dari penjadwalan kuliah adalah bagaimana menjadwalkan sejumlah komponen yang terdiri atas kelas, mata kuliah, dosen, ruang, dan waktu dengan sejumlah batasan dan syarat (*constraint*) tertentu.

Permasalahan penjadwalan kuliah sendiri memiliki banyak sekali variasi sesuai dengan kebijakan lembaga perguruan tinggi tempat jadwal kuliah tersebut akan digunakan. Sebagai studi kasus, penulis menggunakan masalah penjadwalan kuliah yang dihadapi di Jurusan Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia.

Pada Tugas Akhir semester genap tahun 2005 sudah dilakukan studi kasus pemecahan masalah penjadwalan kuliah, tetapi masih belum optimal dikarenakan masih adanya beberapa kekurangan salah satu diantaranya parameter dosen dan beberapa matakuliah yang mempunyai ruangan tertentu diabaikan. Dan juga kekurangan lainnya adalah waktu proses yang dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan ini memakan waktu yang relatif cukup lama, dikarenakan banyaknya proses pemasukan dan pemanggilan data ke harddisk. Sehingga pemecahan masalah penjadwalan kuliah belum dapat terselesaikan dengan baik.

Algoritma semut dikenal sebagai algoritma yang baik dalam mencari solusi suatu masalah diantaranya adalah masalah pengepakan, masalah rute kendaraan, masalah penjadwalan kuliah, dll. Algoritma ini terinspirasi dari tingkah laku koloni semut dalam mencari makan. Ide dasar dari algoritma ini adalah penggunaan mekanisme solusi kemungkinan (*probability*).

Dalam tugas akhir ini, permasalahan penjadwalan kuliah akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma *MAX-MIN Ant System* (*MMAS*). Dimana *MMAS* merupakan variasi dari *Ant Colony Algorithm*. Dengan digunakannya algoritma ini diharapkan akan diperoleh hasil penjadwalan yang baik.

1.1 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan sebuah perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan dengan menggunakan algoritma *MMAS*.
2. Mengefisiensikan waktu proses pemecahan masalah penjadwalan kuliah.

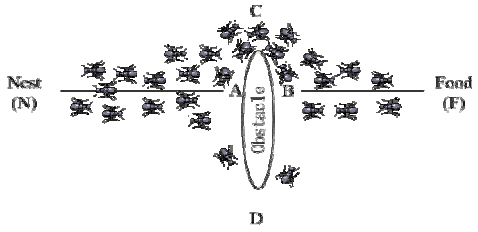
1.2 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dipecahkan dapat terus meluas seiring dengan berjalannya penelitian ini. Dikarenakan masih ada sejumlah batasan dan syarat (*constraints)* yang belum diketahui. Dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Komponen yang dijadikan parameter penjadwalan berupa kelas, mata kuliah, waktu, ruang dan dosen.
2. Penelitian hanya menjadwalkan perkuliahan dari semester satu sampai dengan semester delapan.
3. Penelitian hanya memecahkan masalah jadwal kelas regular.
4. Kegiatan belajar mengajar adalah dari hari Senin sampai dengan Sabtu dimulai dari jam 07.00 sampai jam 18.15 dengan lama perkuliahan adalah 45 menit.

2. *Max-Min Ant System(MMAS)*

Ant Colony Optimation (ACO) pertama kali diperkenalkan oleh Marco Dorigo, ACO itu sendiri terinspirasi oleh koloni-koloni semut dalam mencari makan. Semut-semut tersebut meninggalkan zat (*pheromone*) di jalan yang mereka lalui. Algoritma ACO ini merupakan algoritma pencarian berdasarkan probabilistik, di mana probabilistik yang digunakan merupakan probabilistik dengan bobot sehingga butir pencarian dengan bobot yang lebih besar akan berakibat memiliki kemungkinan terpilih yang lebih besar pula.



Gambar 1 Perilaku nyata semut dalam mencari makanan

Dari gambar di atas maka *Pheromone* ACB> *pheromone* ADB

Algoritma umum ACO

```
masukan data permasalahan
while not selesai do
      bangkitkan semut
      bangkitkan solusi
      update pheromone
      hancurkan semut
end while
keluarkan solusi
```

ACO terdiri dari 2 versi besar., yaitu :

1. ACS (Ant Colony Optimization)
2. MMAS

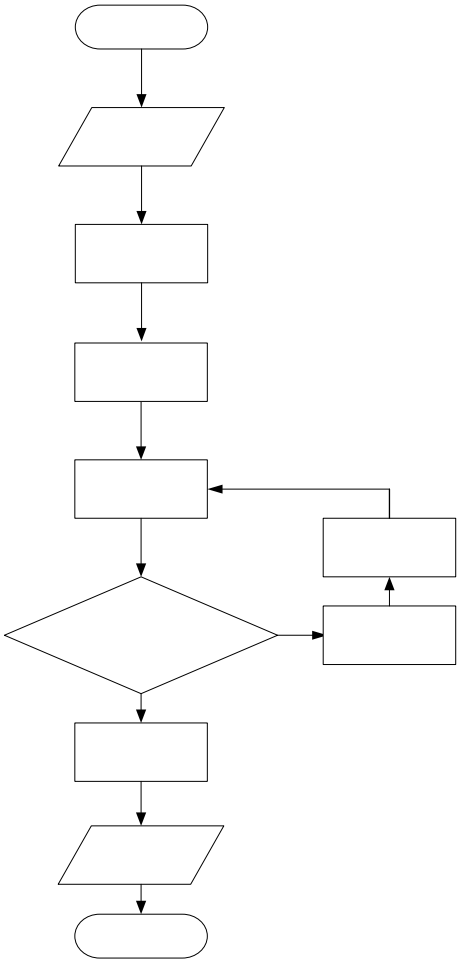
Dalam jurnal ini saya hanya akan membahas *MMAS.*

Persamaan update pheromone MMAS

$$\tau_{(e,t)} \leftarrow \begin{cases} (1-\rho).\tau_{(e,t)} + 1 & \text{, jika (e,t) adalah } C_{global_best} \\ (1-\rho).\tau_{(e,t)} \end{cases}$$

$$\tau_{(e,t)} \leftarrow \begin{cases} \tau_{\min}, jika\, \tau_{(e,t)} < \tau_{\min} \\ \tau_{\max}, jika\, \tau_{(e,t)} > \tau_{\max} \\ \tau_{(e,t)} \end{cases}$$

keterangan: $T_{(e,t)}$ adalah kandungan pheromone *e* pada saat *t*. *P* adalah derajat penguapan *pheromone*.



Gambar 2 Diagram Alir Algoritma MMAS

3. Analisa dan Perancangan Sistem

3.1 Deskripsi Masalah

Constraints (batasan dan syarat-syarat) pada penjadwalan ini terbagi menjadi 2 klasifikasi, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint.* Adapun yang dikategorikan sebagai *hard constraint* adalah sebagai berikut :

a. Kelas hanya dijadwalkan satu kali untuk setiap mata kuliah yang ada.
b. Kelas yang sama tidak dapat belajar pada ruang yang berbeda dalam satu waktu.
c. Kelas yang sama tidak dapat belajar lebih dari satu mata kuliah dalam satu waktu.
d. Mata kuliah akan diberikan alokasi waktu yang berkesinambungan sesuai sks yang dimiliki oleh mata kuliah tersebut (tidak diperkenankan sks dari mata kuliah tersebut terpotong oleh jadwal lain atau terjadi pergantian hari).
e. Dosen hanya mengajar sesuai dengan mata kuliah yang telah ditentukan.
f. Dosen tidak dapat mengajar lebih dari satu kelas dalam satu waktu.
g. Dosen tidak dapat mengajar lebih dari satu mata kuliah dalam satu waktu.
h. Waktu kesediaan dosen untuk mengajar (tersimpan dalam tabel yang didapat dari isian dosen itu sendiri).
i. Satu mata kuliah hanya dapat diajar oleh satu dosen.
j. Jika waktu yang diberikan tidak memadai untuk penjadwalan, maka sistem tidak akan menghasilkan jadwal.

Agar tercapai penjadwalan yang baik maka sejumlah batasan dan syarat di atas tidak boleh dilanggar. Penjadwalan yang baik adalah penjadwalan yang tidak mengandung bentrok antar komponen yang dijadwalkan, dalam hal ini berupa kelas, mata kuliah, waktu, ruang dan dosen.

Selain *hard constraint*, ada beberapa *soft constraint* yang harus diperhatikan agar diperoleh solusi yang baik. Adapun hal-hal yang sebaiknya terpenuhi sebagai *soft constraint* adalah sebagai berikut:

a. Ruang yang digunakan oleh suatu kelas dalam satu hari diharapkan terdapat pada gedung yang sama.
b. Dari banyak hari perkuliahan dalam satu minggu diharapkan setiap kelas sebaiknya mendapatkan satu atau dua hari perkuliahan yang kosong.
c. Dalam satu hari perkuliahan diharapkan jumlah jam perkuliahan untuk satu kelas tidak terlalu banyak dan tidak terlalu sedikit, sebaiknya antara empat sampai enam jam perkuliahan.

3.2 Penetapan Parameter

Parameter yang digunakan dalam penyusunan jadwal mata kuliah terdiri dari :

- *Event*, terdiri dari mata kuliah, kelas dan dosen.
- *Timeslot=6 hari x 15 timeslot/hari = 90 timeslot, timeslot* 67 dan 68 tidak digunakan, karena dipakai untuk shalat jumat.
- Ruangan diklasifikasikan berdasarkan sifatnya, yaitu teori dan praktek.
- *P* (derajat penguapan pheromone)=0.3
- *T max=1/p=1/0.3=3.3*
- *Tmin=0.019*
- Semut dan koloni yang akan menelusuri node. Semakin banyak koloni dan semut yang digunakan maka kemungkinan untuk mendapatkan solusi yang baik semakin besar.

3.3 Perancangan pembuatan node graf

Ketentuan dari banyak node yang akan dibangun diambil berdasarkan pada banyaknya *event* yang akan dijadwalkan terhadap waktu *t*. Sehingga didapat total node adalah 253 x 90 = 22770 node.

	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	…	e253
t1	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t2	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t2	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t4	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t5	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t6	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t7	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t8	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t9	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t10	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t11	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t12	O	O	O	O	O	O	O	…	O
t13	O	O	O	O	O	O	O	…	O
…	…	…	…	..	…	…	…	…	…
t90	O	O	O	O	O	O	O	…	O

Gambar3 Node yang terbentuk

3.4 Perancangan penelusuran graf

Node dipilih berdasarkan ketentuan dari *hard constraint* dan nilai *pheromone*-nya. Nilai *pheromone* yang lebih besar cenderung akan terpilih lagi, tapi tidak menutup kemungkinan nilai pheromone yang lebih kecil akan terpilih.

Setelah node terpilih maka akan dilakukan pemasangan dengan ruang. Mata kuliah yang

bersifat praktek akan menempati ruang praktek dan mata kuliah teori akan menempati ruang teori.

3.5 Perancangan penghitungan pelanggaran *soft constraint*

Untuk pelanggaran soft constraint I tiap kelas yang melanggar diberi nilai 1, Soft constraint II tiap kelas yang melanggar diberi nilai sesuai dengan banyak hari yang digunakan untuk penjadwalan, dan soft constraint II tiap kelas yang melanggar diberi niai 1.

3.6 Perancangan *Update pheromone*

- Cari koloni dan semut terbaik(nilai pelanggran soft constraint terkecil), maka didapatkan pula node-node yang dilalui koloni dan semut tersebut.
- *Update pehromone* semua node dengan persamaan:

$$\tau_{(e,t)} = (1-\rho).\tau_{(e,t)}$$

- Sedangkan untuk node yang merupakan penelusuran koloni dan semut terbaik, maka *pheromone* nya diupdate lagi dengan menambah 1. Kemudian lakukan pengecekan sebagai berikut, untuk semua *node*:

$$\tau_{(e,t)} \leftarrow \begin{cases} \tau_{\min}, jika\, \tau_{(e,t)} < \tau_{\min} \\ \tau_{\max}, jika\, \tau_{(e,t)} > \tau_{\max} \\ \tau_{(e,t)} \end{cases}$$

4. Pengujian Program

4.1 Pengujian Kasus Sederhana

Pada pengujian pertama ini digunakan data fiktif.

Tabel 1 Data mata kuliah

KDMK	Mata Kuliah	SKS	Jnjng	Smt
IF12345	Teori 1	2	S1	1
IF23456	Teori 2	2	S1	1
IF34567L	Praktek 1	2	S1	1
IF45678L	Praktikum Fisika	1	S1	1

Tabel 2 Data kelas

Kelas	Jenjang	Semester
IF1	S1	1
IF2	S1	1
IF3	S1	1

Tabel 3 Data ruang

Id Ruang	Ruang	Gedung
1	R2503	2
2	R2504	2
3	LAB 1	1
4	LAB Fi	4

Tabel 4 Data dosen mengajar

Kode	Nama Dosen	Mengajar
A	xxx	Teori 1
B	yyy	Teori 2
C	zzz	Praktek 1
D	www	Praktikum Fisika

Tabel 5 Data waktu kesediaan dosen

Kode	Nama Dosen	Hari	Jam
A	xxx	Senin	07:00
B	yyy	Senin	07:00
C	zzz	Selasa	07:00
D	www	Selasa	07:00

Event	Kelas	Jenjang	Semester	KDMK	Nama Dosen
1	IF-1	S1	1	IF34567L	zzz
2	IF-1	S1	1	IF23456	yyy
3	IF-1	S1	1	IF12345	xxx
4	IF-2	S1	1	IF12345	xxx
5	IF-2	S1	1	IF34567L	zzz
6	IF-2	S1	1	IF23456	yyy
7	IF-3	S1	1	IF34567L	zzz
8	IF-3	S1	1	IF23456	yyy
9	IF-3	S1	1	IF12345	xxx
10	IF-1	S1	1	IF45678L	wwww
11	IF-2	S1	1	IF45678L	wwww
12	IF-3	S1	1	IF45678L	wwww

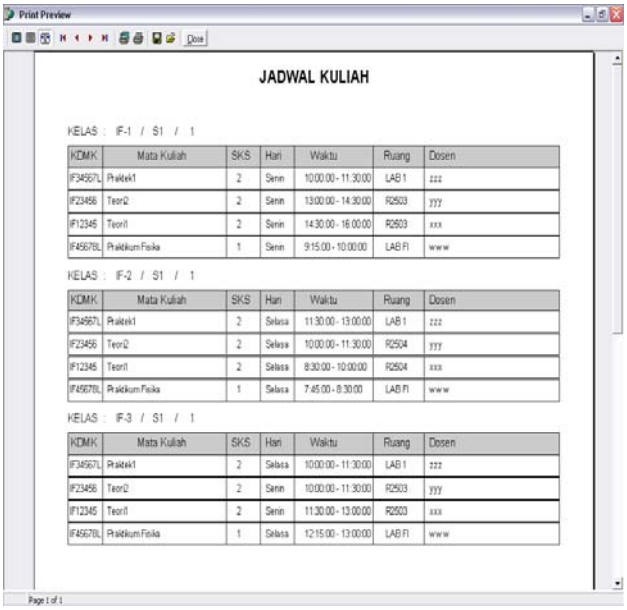
Gambar 4 Event yang terbentuk

Hari yang digunakan untuk penjadwalan adalah Senin s/d Selasa di mana timeslot/hari =15 (07.00 s/d 18.15). Derajat *pheromone* yang digunakan = 0,3. Koloni dan semut yang digunakan dalam penelusuran yaitu koloni 5 dan semut 5.

Setelah aplikasi dijalankan diperoleh data sebagai berikut:

```
Koloni= 1,  Semut= 1,  Pelanggaran= 8
Koloni= 1,  Semut= 2,  Pelanggaran= 8
Koloni= 1,  Semut= 3,  Pelanggaran= 9
Koloni= 1,  Semut= 4,  Pelanggaran= 7
Koloni= 1,  Semut= 5,  Pelanggaran= 10
Koloni= 2,  Semut= 1,  Pelanggaran= 9
Koloni= 2,  Semut= 2,  Pelanggaran= 11
Koloni= 2,  Semut= 3,  Pelanggaran= 10
Koloni= 2,  Semut= 4,  Pelanggaran= 10
Koloni= 2,  Semut= 5,  Pelanggaran= 11
Koloni= 3,  Semut= 1,  Pelanggaran= 9
Koloni= 3,  Semut= 2,  Pelanggaran= 9
Koloni= 3,  Semut= 3,  Pelanggaran= 9
Koloni= 3,  Semut= 4,  Pelanggaran= 11
Koloni= 3,  Semut= 5,  Pelanggaran= 9
Koloni= 4,  Semut= 1,  Pelanggaran= 9
Koloni= 4,  Semut= 2,  Pelanggaran= 9
Koloni= 4,  Semut= 3,  Pelanggaran= 9
Koloni= 4,  Semut= 4,  Pelanggaran= 11
Koloni= 4,  Semut= 5,  Pelanggaran= 10
Koloni= 5,  Semut= 1,  Pelanggaran= 10
Koloni= 5,  Semut= 2,  Pelanggaran= 9
Koloni= 5,  Semut= 3,  Pelanggaran= 9
Koloni= 5,  Semut= 4,  Pelanggaran= 9
Koloni= 5,  Semut= 5,  Pelanggaran= 8
```

Setelah semua semut berhasil menelusuri graf, dapat dilihat semut terbaik ada pada koloni ke 1 semut ke 4 dengan nilai pelanggaran = 7. Hasil proses penjadawalan dapat dilihat pada gambar 5.

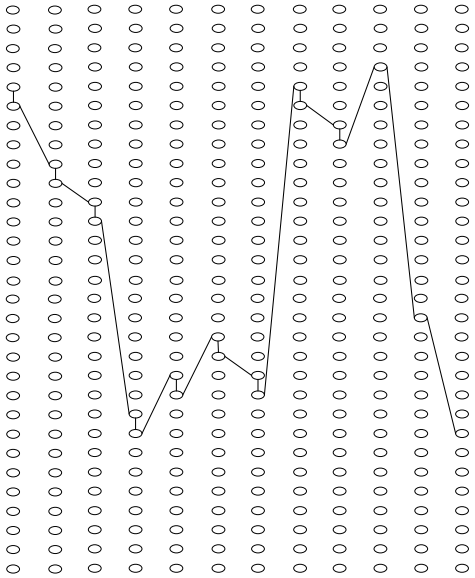


Gambar 5 Hasil penjadwalan kuliah

Berdasarkan gambar hasil proses penjadwalan diatas dapat dilihat bahwa semua dosen mengajar sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Yaitu tidak melanggar waktu kesediaan dosen mengajar yang diperoleh dari isian waktu kesediaan dosen.

Dapat dilihat juga bahwa ruang yang dipakai sesuai dengan mata kuliahnya. Untuk mata kuliah yang bersifat teori menempati ruang teori(R2503, R2504), mata kuliah praktek menempati ruang LAB(LAB 1) dan mata kuliah Praktikum Fisika menempati ruang LAB Fisika (LAB Fi).

Selanjutnya akan dibuat model penelusuran graf dari gambar 5. Graf yang dibuat merupakan graf yang dilalui oleh semut ke 4 dari koloni ke 5. Untuk kelas IF-1 diwakili e1, e2, e3, e10, kelas IF-2 diwakili e4, e5, e6, e11, dan kelas IF-3 diwakili e7, e8, e9, e12. Untuk t_1 sampai t_{15} adalah hari senin, t_{16} sampai t_{30} adalah hari selasa.



Gambar 6 Model graf penelusuran yang dilakukan koloni ke-1 semut ke-4

Selanjutnya menghitung nilai pelanggaran *soft constraint* :

Pelanggaran *soft constraint* I:
Kelas IF-1=1, IF-2=1, IF3=1

Pelanggran *soft constraint* II:
Kelas IF-1=0, IF-2=0, IF-3=1

Pelanggaran Soft constraint III:
Kelas IF-1=0,kelas IF-2=1, kelas IF-3=1

Total pelanggaran=3+1+3=7.

4.2 Pengujian Kasus Nyata

Dalam pengujian ini, penulis melakukan pengujian dengan menggunakan data yang sebenarnya. Yaitu data yang dijadwalkan di Jurusan Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia pada semester ganjil tahun ajaran 2005 / 2006.

Koloni yang digunakan = 5, dan semut yang digunakan = 5. Nilai derajat *pheromone*-nya 0,3.

Setelah aplikasi dijalankan diperoleh data sebagai berikut:

```
Koloni= 1,  Semut= 1,  Pelanggaran= 155
Koloni= 1,  Semut= 2,  Pelanggaran= 158
Koloni= 1,  Semut= 3,  Pelanggaran= 156
Koloni= 1,  Semut= 4,  Pelanggaran= 164
Koloni= 1,  Semut= 5,  Pelanggaran= 158
Koloni= 2,  Semut= 1,  Pelanggaran= 163
Koloni= 2,  Semut= 2,  Pelanggaran= 151
Koloni= 2,  Semut= 3,  Pelanggaran= 166
Koloni= 2,  Semut= 4,  Pelanggaran= 145
Koloni= 2,  Semut= 5,  Pelanggaran= 157
Koloni= 3,  Semut= 1,  Pelanggaran= 166
Koloni= 3,  Semut= 2,  Pelanggaran= 161
Koloni= 3,  Semut= 3,  Pelanggaran= 152
Koloni= 3,  Semut= 4,  Pelanggaran= 161
Koloni= 3,  Semut= 5,  Pelanggaran= 161
Koloni= 4,  Semut= 1,  Pelanggaran= 161
Koloni= 4,  Semut= 2,  Pelanggaran= 153
Koloni= 4,  Semut= 3,  Pelanggaran= 175
```

```
Koloni= 4,  Semut= 4,  Pelanggaran= 160
Koloni= 4,  Semut= 5,  Pelanggaran= 177
Koloni= 5,  Semut= 1,  Pelanggaran= 154
Koloni= 5,  Semut= 2,  Pelanggaran= 160
Koloni= 5,  Semut= 3,  Pelanggaran= 150
Koloni= 5,  Semut= 4,  Pelanggaran= 158
Koloni= 5,  Semut= 5,  Pelanggaran= 167
```

Proses penjadwalan berlangsung dari jam 17:46:32 sampai jam 17:55:30. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses penjadwalan adalah 8 menit 58 detik. Proses ini lebih cepat dari program penjadwalan dengan metode yang sama yang pernah dilakukan sebelumnya.

Dari data di atas terlihat bahwa iterasi terbaik adalah iterasi dari koloni ke 2 semut ke 4 dengan nilai pelanggaran *soft constraint* terkecil (145). Hasil pelanggaran *soft constraint* terkecil tersebut cenderung diperoleh bukan pada iterasi pertama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *update pheromone* berpengaruh terhadap pencarian jadwal yang lebih baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Algoritma *Max Min Ant System* dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan dengan baik, dalam hal ini tidak terjadi bentrok antar komponen-komponen yang dijadwalkan.
2. Hasil yang lebih baik cenderung diperoleh bukan pada iterasi pertama, hal ini membuktikan bahwa *update pheromone* berpengaruh terhadap penelusuran semut dalam menghasilkan solusi.
3. Waktu proses lebih cepat jika dibandingkan dengan aplikasi penjadwalan perkuliahan terdahulu yang menggunakan metode yang sama.
4. Waktu proses sangat dipengaruhi oleh jumlah data komponen yang dijadwalkan, semakin besar data yang akan dijadwalkan maka waktu yang diperlukan akan semakin lama.

5.2 Saran

Untuk pengembangan yang mungkin dapat disarankan adalah daerah permasalahan yang ditangani semakin diperluas dengan menambahkan parameter dan *constraint* sebagai berikut :

a. Kapasitas ruangan,
b. Kelas karyawan,
c. Satu mata kuliah dapat diajarkan oleh beberapa dosen,
d. Diharapkan untuk mengoptimasikan waktu proses penjadwalan dengan menggunakan pemrosesan konkuren (*multithread)*,
e. Hasil penjadwalan tidak dapat diubah, sehingga disarankan pada pengembangan selanjutnya jadwal dapat diubah.
f. Dan diharapkan juga aplikasi yang digunakan dapat digunakan oleh jurusan lain di lingkungan Universitas Komputer Indonesia.

Aplikasi penjadwalan yang dihasilkan oleh penelitian ini diharapkan dijalankan pada perangkat komputer yang dilengkapi dengan prosesor berkecepatan tinggi untuk lebih mempersingkat waktu pemrosesan.

Daftar Pustaka

[1] “MAX-MIN Ant System for University Course Timetabling Problem”, http://iridia.ulb.ac.be.

[2] “Ant Algorithms for the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-Art”, http://iridia.ulb.ac.be.

[3] “Pemecahan Masalah Penjadwalan Kuliah dengan Menggunakan Teknik Intelligent Search”, http://www.robertsetiadi.net/articles/snkk.htm

[4] Maulana, Yana, S.Kom. “Penjadwalan Perkuliahan Dengan Menggunakan Algoritma *Max-Min Ant System*”, Tugas Akhir Teknik Informatika UNIKOM, Bandung 2005.

[5] http://mathworld.wolfram.com/AntColonyAlgorithm.html